

原子力施設に対する ミサイル攻撃のリスク

姜政敏（カン・ジョンミン） PhD

独立コンサルタント

元韓国原子力安全委員会委員長

原子力資料情報室

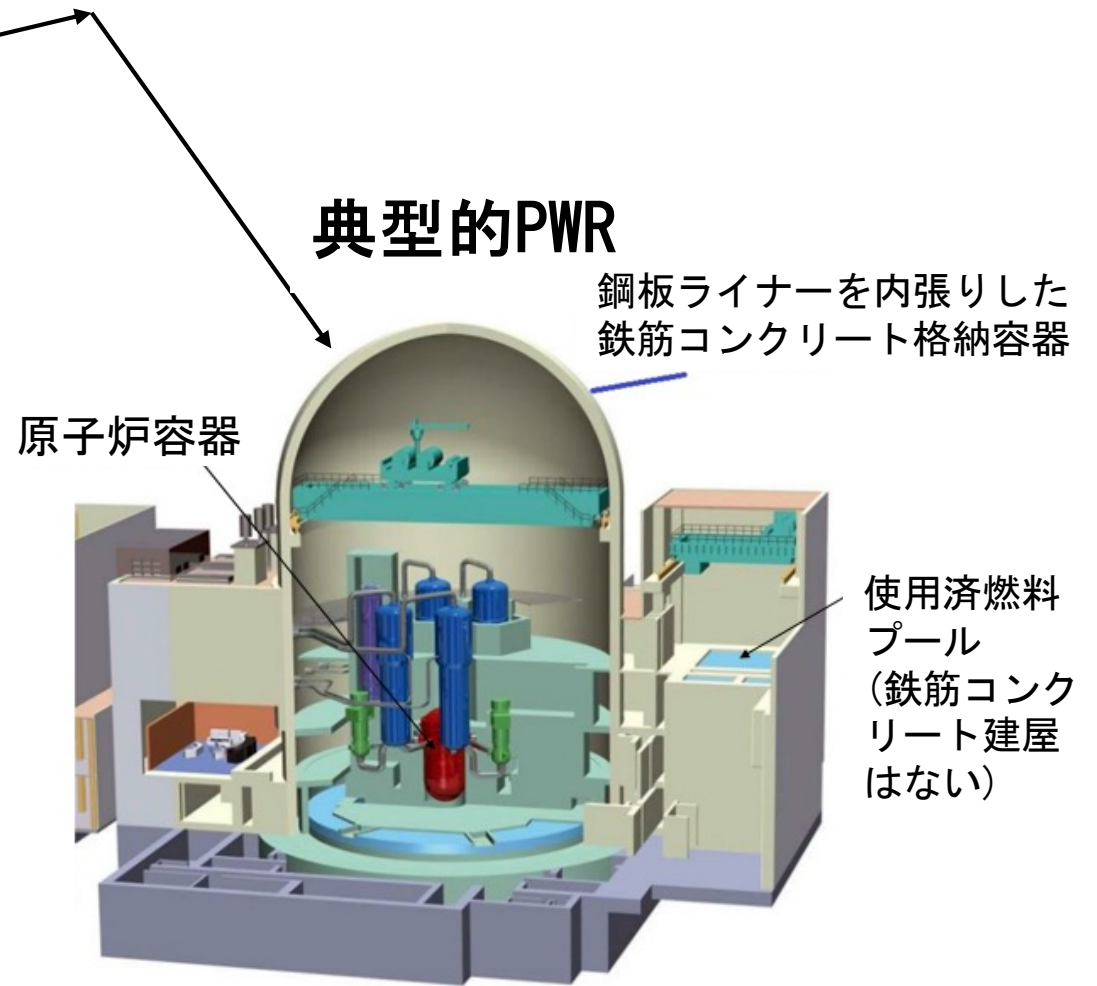
核燃料サイクル特設サイト開設記念シンポジウム
核危機と平和利用—六ヶ所再処理工場の操業が持つ意味

於東京 2022年4月28日

原発がミサイル攻撃の目標とされたら どうなるか



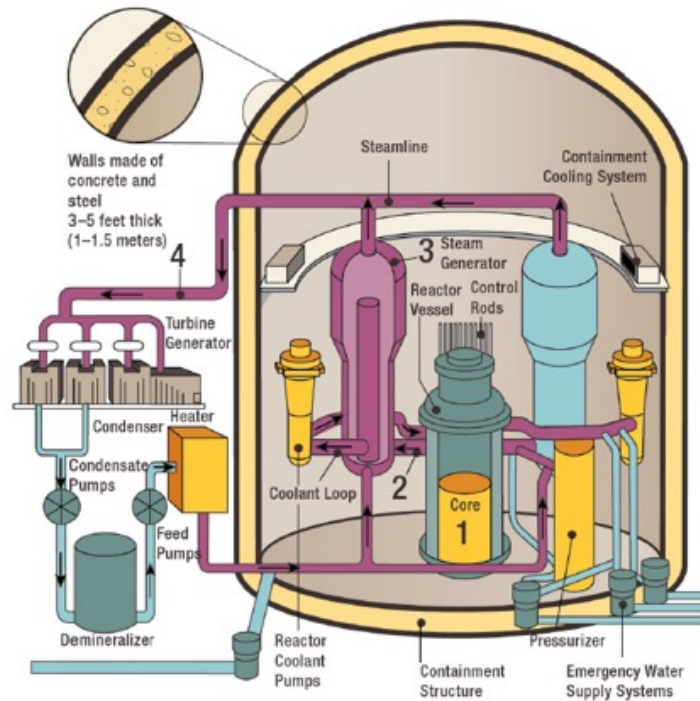
(Ref: <https://abcnews.go.com/International/north-korean-missile-test-year/story?id=46592733>)



(Ref: <https://allthingsnuclear.org/dlochbaum/nuclear-plant-containment-failure-overpressure>)

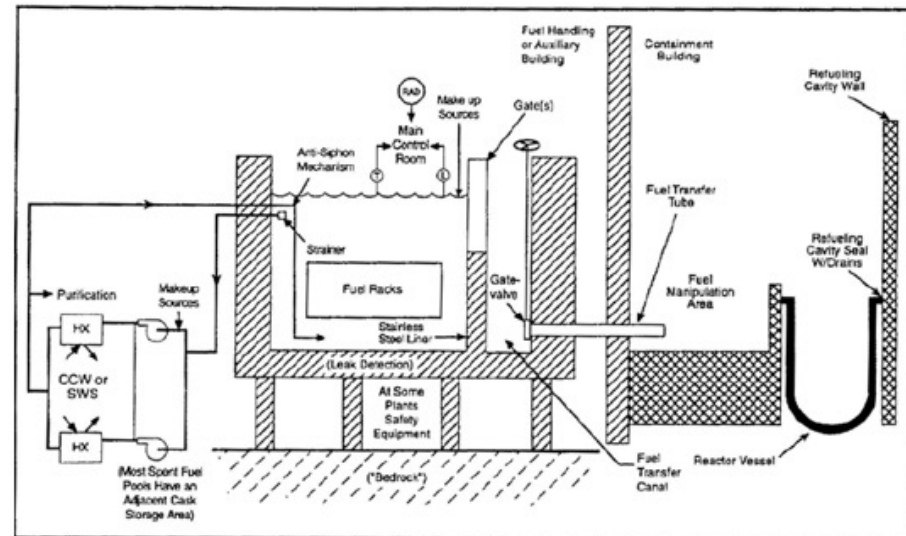
原発の脆弱性

PWR冷却システム



(Ref: <https://www.nrc.gov/reactors/pwr.html>)

一般的PWR用使用済み燃料プール設計



(Ref: Ibarra, J.G., et al., Operating experience feedback report: Assessment of spent fuel cooling, 1997, Report NUREG-1275, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.)

原発の脆弱性(続き)

- ミサイル攻撃で生じ得る損傷
 - 格納容器
 - 貫通または亀裂（部分的または大規模）
 - 放射性ガスの流出を阻止する閉じ込め機能の喪失
 - 冷却システム
 - ポンプ・主要冷却パイプの損傷。これにより、ポンプが、炉心を通る冷却材の循環を維持できず、炉心溶融に至る可能性
 - 使用済み燃料貯蔵プールの冷却機能喪失により、使用済み燃料プール火災に至る可能性
 - 電力供給システム
 - 敷地外からの電力供給の遮断。敷地内緊急ディーゼル発電機の機能不全化
 - 原子炉の冷却喪失をもたらし、炉心溶融に至る可能性
 - 使用済み燃料プールの冷却喪失をもたらし、使用済み燃料プール火災に至る可能性

セシウム137 核事故（炉心溶融及び使用済み燃料プール火災）で放出される 支配的放射性核種

- セシウム137（半減期30年）は、比較的揮発性が高く、強力な地表汚染物質。なぜなら、その崩壊の95%で生じるのが励起状態のバリウム137で、これが貫通力の強い（0.66-MeV）のガンマ線を放出して脱励起するから。
- チェルノブイリ事故でのセシウム137の放出量は、約85PBq（ペタベクレル, 10^{15} Bq）。
- 福島事故でのセシウム137の放出量は、約7-20 PBq。
- 加圧水型炉（PWR）から取り出して10年間冷却した燃焼度40 MWd/kgHM（重金属）の使用済み燃料1tHMには約4 PBqのセシウム137が入っている。電気出力100万kWのPWRから毎年出てくる20tHMの使用済み燃料には約80PBqのセシウム137が入っている。

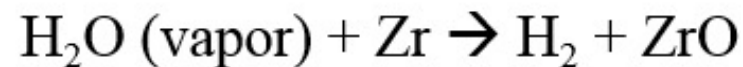
使用済み燃料プールのジルコニウム火災

- ジルコニウム火災

- 「使用済み燃料の冷却が復元されなければ、燃料は1000°Cレベルの高温に達する。この温度になると、使用済み燃料のジルコニウム被覆は空気と発熱化学反応を起こし始める。ジルコニウム酸化暴走反応とか自己触媒点火とか言われるものだ。この事故シナリオはしばしば「使用済み燃料プール・ジルコニウム火災」とも称される。損傷した使用済み燃料から放出された放射性のエアロゾルや蒸気は、使用済み燃料プールの建物内や周辺環境中に運ばれていく可能性がある。」

- 水素の発生

- 水蒸気と高温のジルコニウム被覆の反応によって水素が発生する:



- 米NRCは、稠密度の低いプール貯蔵だと水素が少なくなり、爆発の可能性がずっと低くなる、との研究結果を得ている。

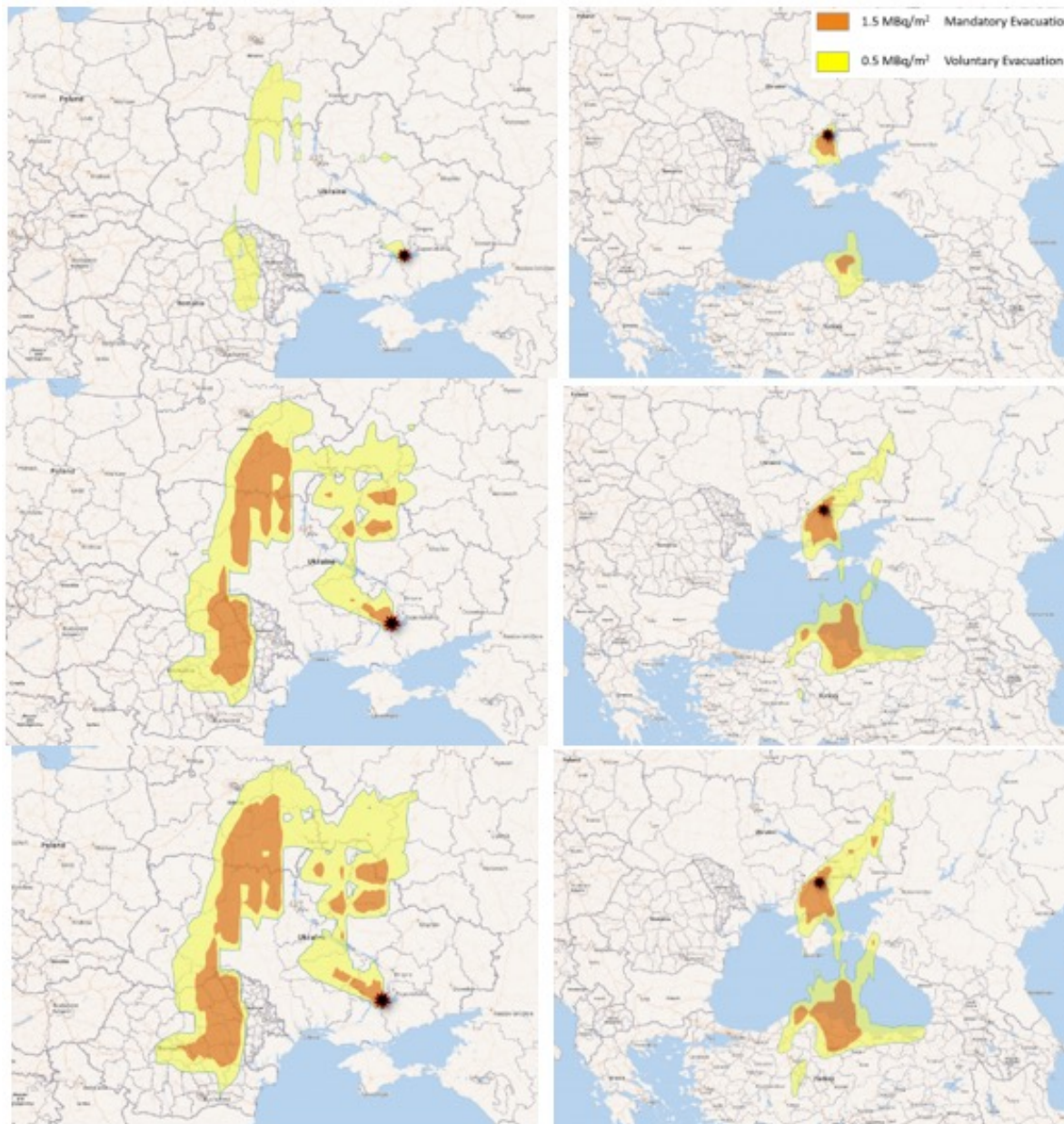
いくつかの想定

- ザポリージャ原発1号機は、電気出力950MWの加圧水型炉。1984年から運転。炉心溶融により157PBqのセシウム137が放出と想定。これは、炉心内のセシウム137の総量の50%。ザポリージャ原発1号機の使用済み燃料プールでの使用済み燃料火災については、590 PBqのセシウム137が放出と想定。これは、プール内のセシウム137の総量の75%。
- 韓国の古里原発3号機のプール火災では、上記の想定は、約2240PBqの放出に相当する。六ヶ所再処理工場の使用済み燃料貯蔵プールの火災では、6470PBqの放出となる。古里3号機のプールは稠密貯蔵で、約910トンの使用済み燃料が詰め込まれている。六ヶ所再処理工場のプールには、2019年1月31日現在、2968トンの使用済み燃料が保管されている（現在も）。

いくつかの想定（続き）

- ・ 放出後の大気拡散のシミュレーションは
 - 米国海洋大気庁（NOAA）提供のHYSPLITモデルとNASA提供の人口データベースを使って実施。
 - シミュレーションは、米国環境予測センター（NCEP）のGDAS（全球データ同化システム）の気象データを取り込み、ザポリージャ原発では、放射能の放出と拡散が2021年3月の第3週と第4週に起きたとして行った。古里3号及び六ヶ所再処理工場のプールの場合は、2019年の毎月の最初の日（ついたち）に起きたと想定。
- ・ 以下の図にある地図では、強制的避難の汚染レベルは、オレンジと赤、自主避難は黄色で示してある。
 - 黄色の地域の汚染レベルは0.5 MBq/m² 以上、1.5 MBq/m²未満。オレンジの地域は1.5 MBq/m²以上、4.5 MBq/m²未満。赤の地域は4.5 MBq/m²以上。
 - ザポリージャ1号機の場合は、オレンジの地域は1.5 MBq/m²以上
- ・ 大気拡散の計算は、ザポリージャ1号機のケースは、エヴァ・リソースキーが、他のケースは、ミハエル・シュレプナー博士が行った。

ウクライナ ザポリージャ1号機仮想核事故



ザポリージャ1号機での
仮想核事故における
2021年3月第3週(左)と
第4週(右)の汚染レベ
ル。

深刻な炉心溶融(上)、
使用済み燃料プール火
災(中)、そして両方の
同時発生(下)

[Ref: Jungmin Kang, Eva Lisowski,
"Could an attack on Ukrainian nuclear
facilities cause a disaster greater than
Chernobyl? Possibly, simulations show."
Bulletin of the Atomic Scientists, March
23, 2022]

ウクライナ ザポリージャ1号機仮想核事故（続き）

表1：ザポリージャ1号機での仮想核事故における避難人口

国	避難人口（第3週）	
	強制的	自主的
ウクライナ	3.4万 - 360万	96万 - 670万
ロシア	0 - 6万	600 - 140万
ルーマニア	0 - 210万	110万 - 150万
モルドバ	0 - 42万	26万 - 45万
ベラルーシ	0 - 88万	32万 - 190万

国	避難人口（第4週）	
	強制的	自主的
ウクライナ	36.2万 - 160万	28万 - 240万
トルコ	6.9万 - 220万	170万 - 320万
ロシア	0 - 2.8万	0 - 77万

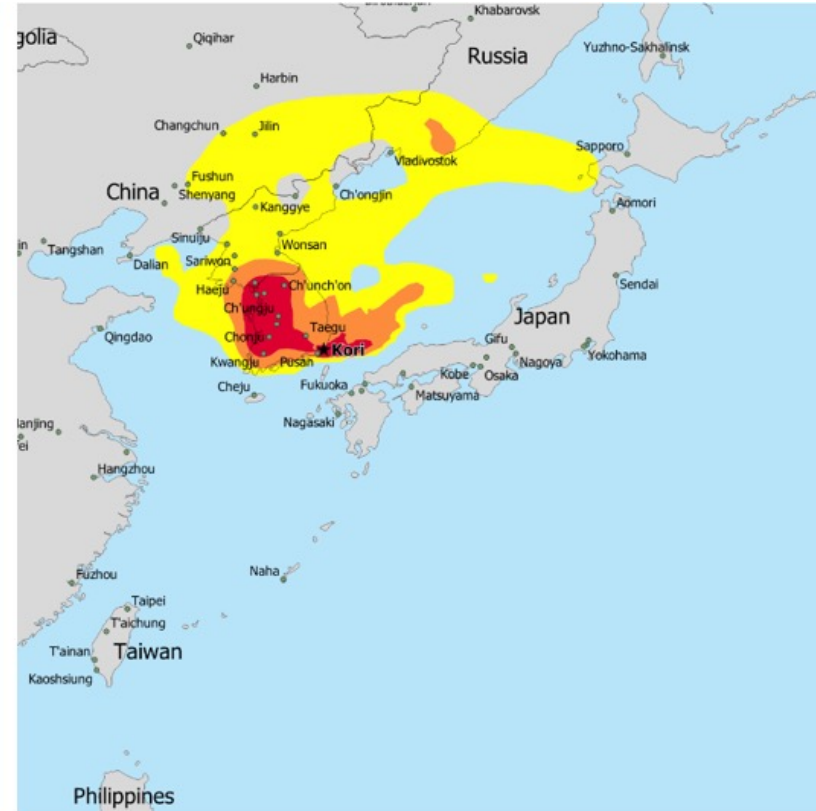
[Ref: Jungmin Kang, Eva Lisowski, "Could an attack on Ukrainian nuclear facilities cause a disaster greater than Chernobyl? Possibly, simulations show." Bulletin of the Atomic Scientists, March 23, 2022]

韓国古里原発3号機 使用済み燃料プールの仮想核事故

古里3号機仮想核事故の避難地域

2019年5月1日及び8月1日

(2240PBqのセシウム137放出)



韓国古里原発3号機

使用済み燃料プールの仮想核事故(続き)

国	避難人口		避難面積 (km ²)	
	平均	最大	平均	最大
韓国	850万	5000万	26,700	117,100
	(1000万)	(5200万)	(34,800)	(100,200)
北朝鮮	20万	260万	1,400	16,500
	(200万)	(2150万)	(12,900)	(124,100)
日本	510万	4000万	36,700	201,900
	(1750万)	(1億860万)	(111,100)	(467,200)
中国	(200万)	(1740万)	(19,000)	(199,400)
	0.1万	1.7万	700	8,900
ロシア	(10万)	(110万)	(10,400)	(91,800)
	90万	1100万	2,100	24,700
台湾	(170万)	(2010万)	(3,900)	(44,300)
	フィリピン	(3.8万)	(40万)	(1,700)

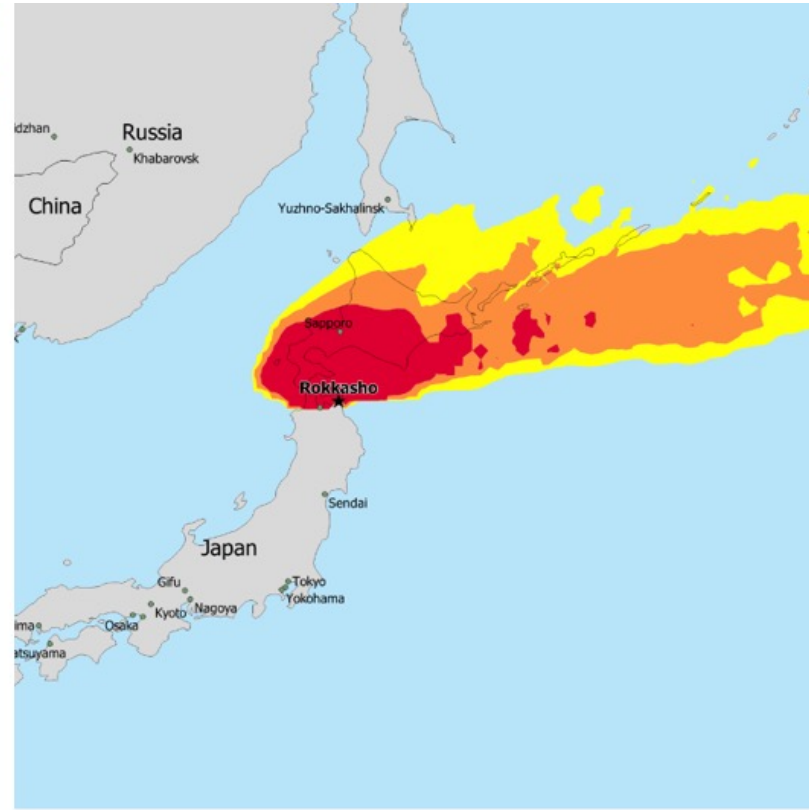
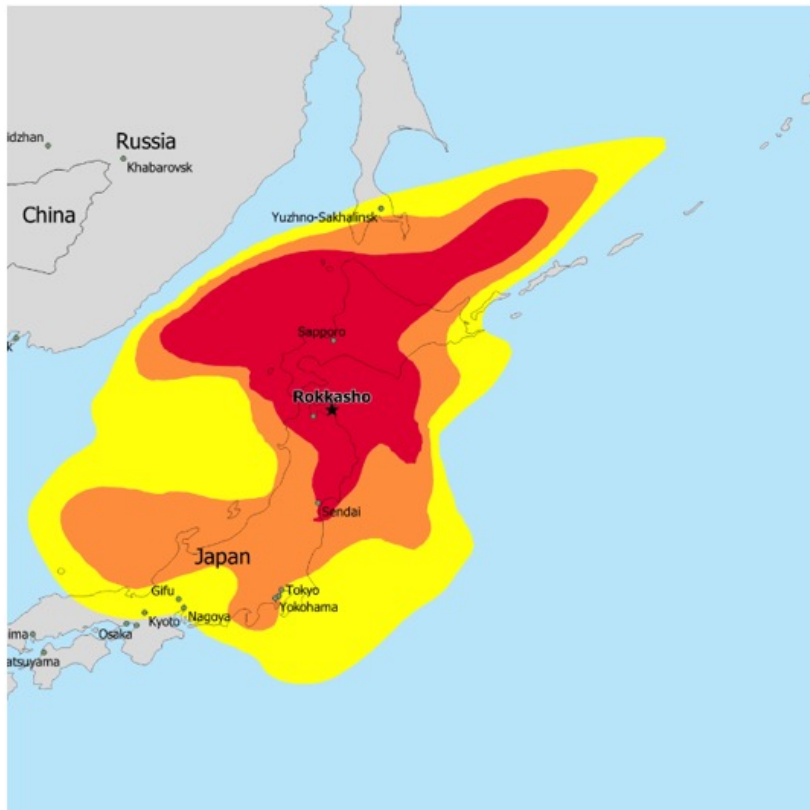
(括弧内の数字は、自主避難人口を足した総数)

日本六ヶ所再処理工場 使用済み燃料プール仮想核事故

六ヶ所再処理工場使用済み燃料プール仮想核事故の
避難地域

2019年10月1日及び12月1日

(6470PBqのセシウム137放出)



日本六ヶ所再処理工場 使用済み燃料プール仮想核事故(続き)

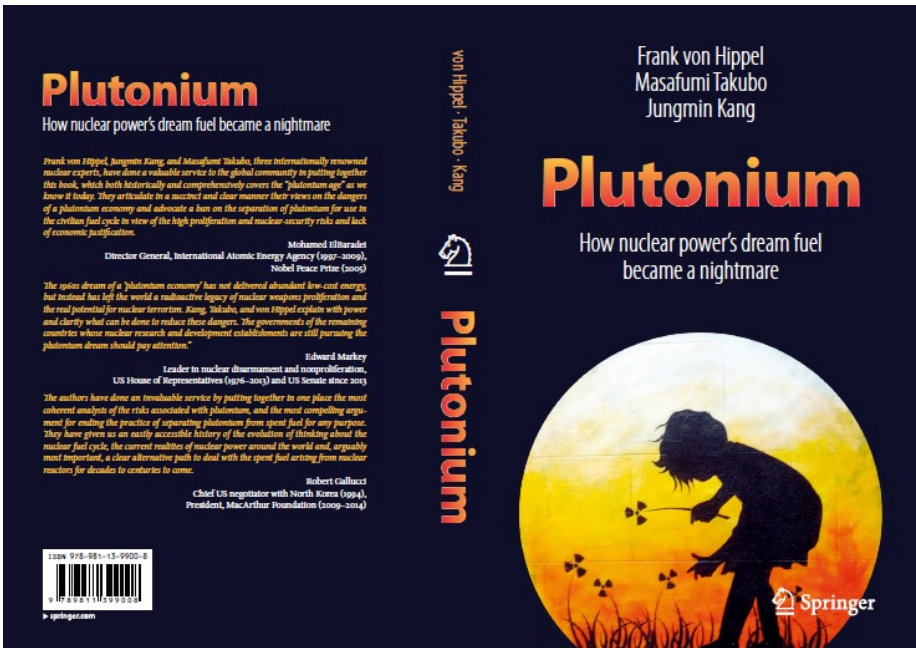
国	避難人口		避難面積 (km ²)	
	平均	最大	平均	最大
日本	640万	6210万	51,700	312,700
	(890万)	(8920万)	(65,900)	(391,800)
ロシア	0.5万	3.1万	12,100	70,300
	(2万)	(20万)	(24,300)	(151,300)

(括弧内の数字は、自主避難人口を足した総数)

結論

- ミサイル攻撃は、原発の格納容器の貫通または亀裂を生じさせ、これにより、放射性ガスの流出を阻止する閉じ込め機能の喪失をもたらす可能性がある。
- ミサイル攻撃は、冷却システム・電力供給システムの損傷を生じさせ、これにより、炉心溶融・使用済み燃料プール火災をもたらす可能性がある。
- ミサイル攻撃のもたらし得る仮想原子炉溶融・使用済み燃料プール火災は、周辺諸国の環境に重大な影響を及ぼす可能性がある。
- これらの攻撃を防ぐことはできないかもしれないが、5年間の冷却を経た使用済み燃料をプールから出して、乾式キャスクによる貯蔵に移すとともに、プール貯蔵状態にとどまっている使用済み燃料は、稠密度の低い貯蔵ラックに収納することにより、攻撃の影響を相当小さくすることができる。

FYI



ISBN978-4-8461-2116-7
C0306 V2600E
定価 2,600 円 + 税

9784846121167

1920036026005

プルトニウム

国際的に有名な核専門家フランク・フォンヒッペル、カン・ジョンミン（仮訳）、田窪雅文の3人は、本書をまとめることにより、重要な発見をした。本書は、今日知られる「プルトニウム燃料」と呼んでいるもの生産の科学的・技術的発展の歴史を、書物から、プルトニウム燃料の危険性に関する彼らの考えを明確かつ簡潔に示し、民生用燃料サイクルにおけるプルトニウムの分離と利用の発生を説明する。核廃止及び核セキュリティ上のリスクと経済的正当性の両方に着目していることである。

石塚浩一、工藤裕子
国際原子力機関 (IAEA) 事務局長 (1997～2009年)
ノーベル平和賞受賞 (2005年)

1960年代にあった「プルトニウム燃料」という夢は、豊富な低コストのエネルギーをもたらし、これにはなりません。代わりに目前にたどらなければならないのは核燃料、最終的に地球生態系に実用的な可能性が、フォンヒッペル、カン、田窪は、力強く、明確にこれらの危険を明らかにし、はとうすればいかに説明する。国内の原子力研究開発機関が未だにプルトニウムの夢を追い続けていて危険な夢は耳を覚めるべきだ。

エドワード・マーキー
核軍縮・核不拡散の第一人者
米閣下下議院 (1979～2013年) 及び米国会議員 (2013年～)

書物から、プルトニウムに関連したリスクに関する過剰した分析と、いかなる目的のためでも核燃料生産のプルトニウムを分離する活動を止すべきという極めて強硬な立場の両方を一方にまとめることにより、実際に貴重な貢献を果たしている。本書は核燃料についての人々の知識の歴史をわかりやすく説明し、世界の原子力の開発を解明している。そして、この知識を整理し、まとめることもできない。原子力に心算し始める市民と政治家を何十年、何世紀にもわたって扱うための明確な代案に代えて議論している。

ロバート・ガルーチ
米国防総省副参謀長 (1994年)
マッカーサー財団理事長 (2009～2014年)

録音出版

